

鹿児島大学漁業練習船「敬天丸」の 動揺試験成績に就て

奈良 迫 嘉 一

On the Results of the Rolling Experiments on "Keiten Maru",
the Fishery Training Vessel of Kagoshima University

Yoshikazu NARASAKO

緒 言

今回三菱下関造船所に於ける本学漁業練習船「敬天丸」新造を契機とし、この種漁船では従来殆んど行われぬ波浪中動揺試験を行うことにした。本練習船の使命上その操業海域は赤道を越えて遙か南方洋上海域をも包含され従つてその往復途次に於ける季節風、台風等の影響を当然考慮せざるを得ないからである。試験の方法としては先ず傾斜試験状態に於ける実船の自由動揺試験を行い模型(L_{pp} 1.5m)の重量、重心位置及びその重心を通る縦軸の周りの慣性モーメントを調整し、可能なる範囲で実船の自由動揺週期、GM、排水量等に等しからしめ、動揺水槽に於て模型の自由動揺実験を行い、然る後同状態の模型に波を同調せしめ、波浪中動揺に及ぼす本船型の特性を検討した。更に参考迄に公試運転状態に於ける実船の前進速度の横揺抵抗に及ぼす影響をも調べた。以下之に就て略述する。

実船自由動揺試験

1. 緒言 模型に依る本船型の強制動揺実験準備のため昭和29年2月10日、下関港内下関造船所艀装岸壁沖第二浮標の位置に於て浮標環に船首より繫留索一本をとつて自由動揺試験を行つた。内海は潮汐変化激しきため万一を考慮して索をとつたもので試験時期に於ては若干潮流もたるみ風も微風の程度であつた。

2. 本船の試験時要目 吃水前部 1.331m, 後部 2.698m, 平均 2.015m, 型吃水前部 1.177m, 後部 2.544m, 平均 1.860m, トリム 1.367^m_A, 真のトリム 0.867^m_A, 排水量 275.12 Ton, GM 0.777^m, 〆 G 0.978^m_A, KG 2.843^m, 〆 B 0.22^m_F, C_b 0.59, C_p 0.62, C_m 0.95, C_w 0.77

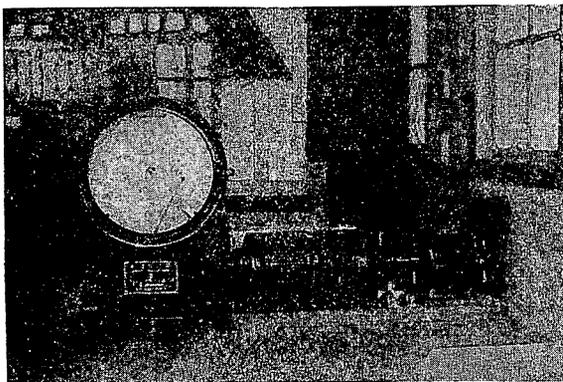
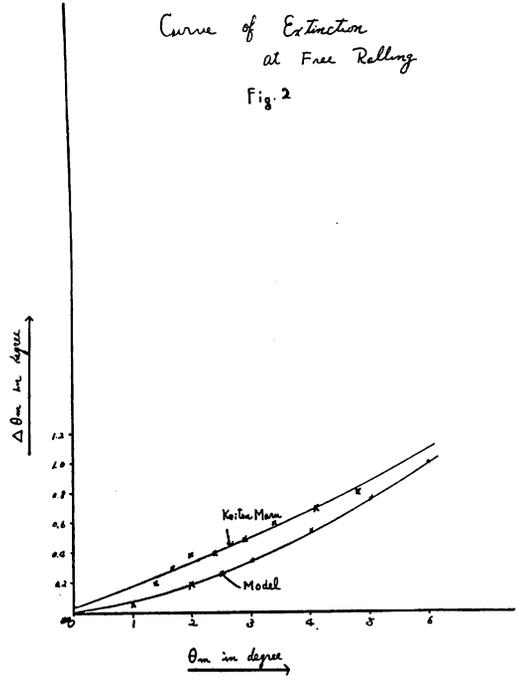
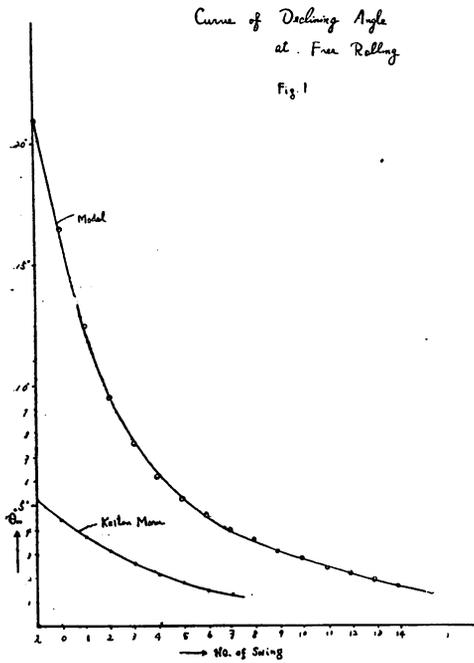


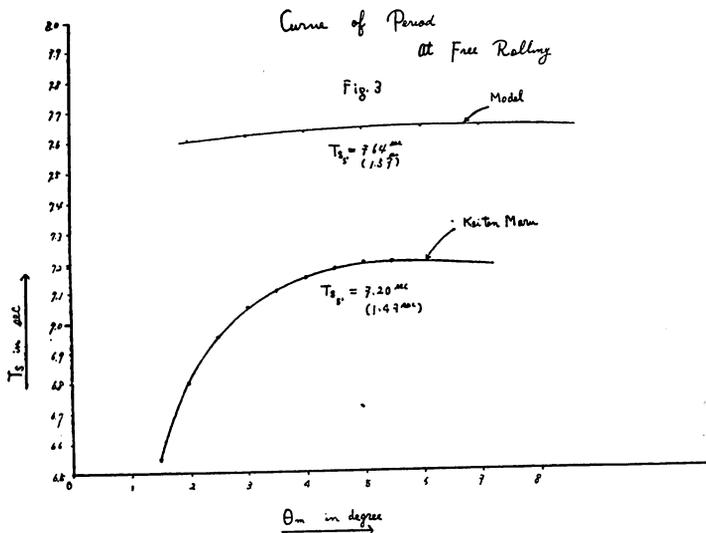
写真 1

3. 測定使用試験器 末広式自動動揺計測器を用いた。写真1は之を示す。

4. 実験方法並びにその記録 自由動揺を行わしめるのに三菱下関造船所技術工員養成所の生徒30名(概算総体重1.7Ton)の御協力を得て端艇甲板上(双より後方8.6m, 竜骨上面6.2m)を左右舷迄三往復走し, 計器の指示最大横揺角 $8^{\circ}\sim 7^{\circ}$ で中央に停止, 以後減衰する迄上記計測器を用いてその自由横揺週期を記録せしめた. 実験は全く同じ状態で4回行いその平均曲線を引いた. その減衰角曲線, 減減曲線, 週期曲線は夫々 Fig 1, 2, 3



に示す通りであつて今之より本船の自由横揺週期を求めると $\theta_m = 5^{\circ}$ で 7.20sec (模型換算 1.47sec). 又減減曲線を R が $\dot{\theta}^2$ に比例すると仮定して $\frac{\partial \theta}{\partial n} = N \theta_m^2$ より $\theta_m = 5^{\circ}$ のときの N を計算すれば $N = 0.0352$



模型（計画）自由動揺実験

1. 緒言 前述の実船に於ける自由動揺試験結果を基にして可能なる限り模型を実船状態に近く調整した後に行うことにした。然しながら本模型は実験期間の制約から模型の製作を急いだため本船の線図と多少異なる所あり（本模型製作后計画線図の一部改正を見る）又模型製作技術不馴れのため之以上内部を切削加工することは水漏の懸念あり従つて当初の計画通り実船と全く同一状態に自由横揺週期，重心位置を調整し得なかつた。

2. 模型船

	調整模型船資料	実船より得た模型船資料
L	150.00 cm	150.00 cm
B	29.60 cm	29.60 cm
d_f	4.76 cm	4.97 cm
d_a	10.54 cm	10.75 cm
d_m	7.65 cm	7.86 cm
トリム	5.78 $\frac{cm}{A}$	5.78 $\frac{cm}{A}$
真のトリム	3.66 $\frac{cm}{A}$	3.66 $\frac{cm}{A}$
* Δ	20.745 $\frac{kg}{S.W.}$ (20.240 $\frac{kg}{F.W.}$)	20.745 $\frac{kg}{S.W.}$ (20.240 $\frac{kg}{F.W.}$)
* K G	11.50 cm	12.01 cm
* Σ G	3.79 $\frac{cm}{A}$	4.13 $\frac{cm}{A}$
* G M	3.67 cm	3.28 cm
K B	4.35 cm	
Σ B	0.80 $\frac{cm}{F}$	0.93 $\frac{cm}{F}$
Σ F	0.46 cm	
K M	14.79 cm	
C_w	0.780	
C_b	0.590	

* 印は調整に極力重点を置いた項

模型は実船と全く同様舵，彎曲部竜骨，方形竜骨 を附した。

(縦 11.8 cm) (長 58.2 cm) (長 全長)
 (横 6.1 cm) (巾 0.9 cm) (巾 0.6 cm)
 (厚 0.2 cm) (高 0.7 cm)

3. 実験装置 本実験は九州大学工学部造船学教室設置の動揺試験水槽に於て行つた。模型実験に於ては末広博士の方法と，ハスラータンクの方法とあり，九州大学水槽の方法はこの両者を折衷したものである。船は横揺と上下動と同時に進行するから之を同時に記録する所謂動揺角測定装置を使用する。Fig. 4 に之を示す。模型を中央部に於てロッド AC, BD にてピンに依り取付け自由に回転出来るようにし，(AC, BD は常に平行に動く)

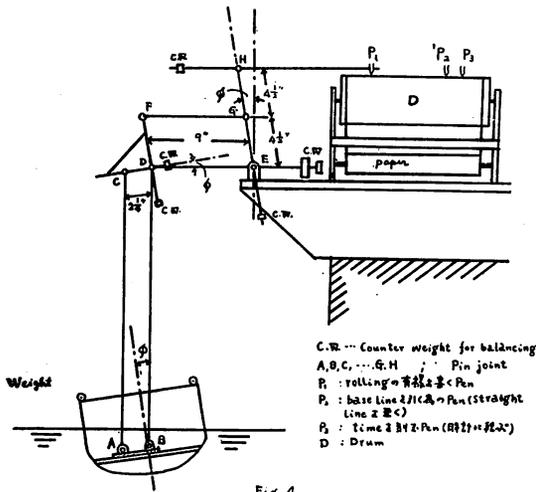


Fig. 4

曲線に依つて表わされる。且つ一方ペンP₂に依り時間を刻めば之より周期Tを計り得る。

4. 実験方法

(1) 予備実験 先ず模型のみの重量を普通の秤で測定、所定の排水量に合ふ如くバラストの重量を計測して取り付け、所定の吃水に合う迄バラストの位置を変へてトリム及びビールを調整する。次に週期が大體目的に合する事を予期して、重心の位置を推測して懸垂用アングルを取付け天井より径1mmのピアノ線を下げ、此の下端に模型を吊し、丁度模型の水線が垂直になるように重心調整用重量の位置を移し、之に依つて正確に重心の竜骨からの高さを決定する。(写真2参照) 次に慣性モーメント調整用重量を移動して水中に於ける模型の自由横揺週期が $\theta_m = 5^\circ$ で1.47^{sec}に出来るだけ近づくように調整する。かような試み数回の後、漸やく写真3の如く最終のセットを決定した。之は先述の如く模型が桂で、船殻重量かなり大きく之以上内部をくり抜くことは水漏の

CD, DEが水平になるようにAC, BDの長さを調節する。この時はロッドFD, HGEは共に垂直の位置をとりFGはDEに平行になり模型は垂直に浮んでいる。次に模型の片舷に重量wを載せ傾斜せしむれば模型の傾斜角 θ は直ちにペンP₁に依つて長さのスケールにて表わされる。之を表に依り度々に修正換算して模型の傾斜角 θ が知られる。故にドラムDを回転させながら重量wを取外せば模型は自由横揺を始めこの傾斜角 θ がドラムの上に時間tの函数として

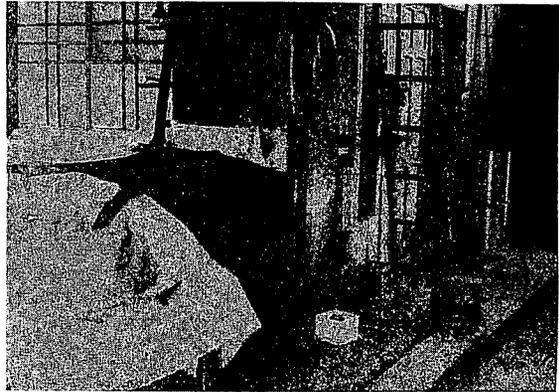


写真 2

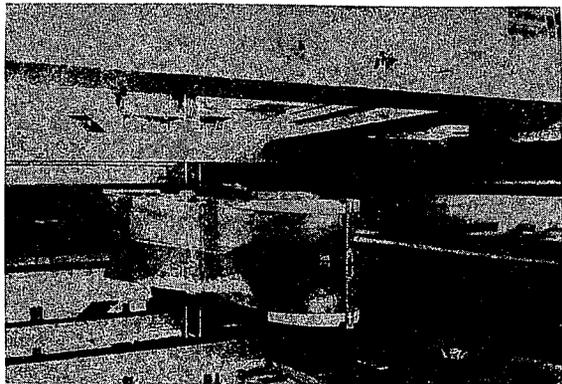


写真 3

恐れあるため所定の週期に近附けるための最小の慣性モーメントとして上記のセットをせざるを得なかつたものである。

(2) 本実験 横揺軸を重心を通る縦線と仮定し、其の縦線を Fig 5 の如く船首尾両端

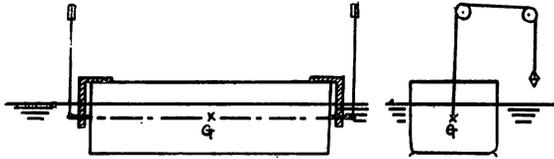


Fig. 5

にアングルを取付け重心高さにてピボットして位置を定める。取付金具に依り模型の排水量を増大せしめぬようアングルの重量は分銅に依りバランスせしめた。糸の張力の水平分力で船の横漂流を防ぐ。又模型の両舷に滑車を取り付

け重錘を吊り初期傾斜角を与え実験開始と同時に切断、自由横揺を生ぜしめた。資料は同一実験に対し四つとり、その内適当なる三つを採用し解析を行つた。

5. 実験結果 減衰角曲線、減減曲線、週期曲線は夫々先の Fig. 1, 2, 3 に示す通りであり、前と全様にして $\theta_m = 5^\circ$ に於ける減衰係数 N を算出すると 0.031 となり、之を N が T_s^2 の逆比で利くことを考慮して修正すると、 $N = 0.0349$ 従つて先の実船の 0.0352 によく合つてくる。Fig. 6 参照

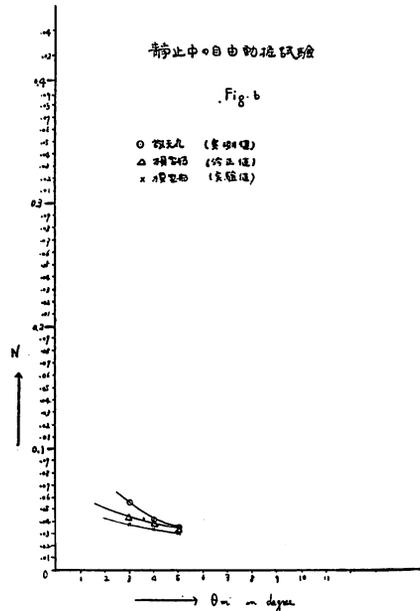
標型の波浪中に於ける横動揺試験

1. 緒言 上記自由動揺試験状態にて本船が波浪中にある場合、本船型のその横動揺に及ぼす影響に就て実験解析を試みた。

2. 実験装置 先の場合と同じく之も造船学教室動揺試験水槽に於て行つた。本水槽の構造はその一端に動揺モーター、ロッド及び下端をピンチされた造波板を具え、中央に動揺試験台（計測装置）を有し、他端には消波装置を具え

ている。計測装置は先の自由動揺の場合のそれに、波高測定器を連用する。之は動揺角測定装置と原理は同一で、船の縦軸と同一線上に小片の浮きを浮べその上下運動を計測するようにしたものである。水槽の性能の詳細に就ては九州造船会々報第11号渡辺恵弘教授の論文「九州帝国大学試験水槽に就て」を参照されたい。

3. 実験方法 強制動揺実験に際して模型は波の進行方向に対して直角に置き、その前后面端重心軸上にピンを附してそれ等を糸、滑り環、鉛直に垂下せる弾性導索、重錘で水面附近にて自由に支持した。之に依つて模型は強制動揺の際上下左右への変位即ち重心の楕円運動が可能となつた。模型の自由動揺週期としては週期曲線の $\theta_m = 5^\circ$ の時間 T_s をとつた。之は上述の如く実船の週期より模型の寸法比を考慮して模型の T_s を求めたもので



実験に於ては共揺の位置 $T_s = T_w$ を押えて其の前後の週期を有する波 15 種類を起した。実験波をトロコイド波と見なせば $L_w = 1.56T_w^2$ (L_w :m, T_w :sec) より T_w が定れば L_w が決まる。然るに実際漁船の遭遇する波を考えると、その傾斜角 θ_w は $4^\circ \sim 9^\circ$ の範囲で従つて $\frac{H_w}{L_w} = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{40}$ なる波が普通に考えられるもので $\frac{1}{10}$ 以上の波は非常にシャープで危険、従つて今 L_w が定ると θ_w , $\frac{H_w}{L_w}$ より自然に H_w が定ることになる。本実験では θ_w をなるべく危険側にとらうと試みたが模型と実験装置との関係から $4^\circ \sim 5^\circ$ の範囲に押へざるを得なかつた。尚共揺曲線、位相差曲線を作製する上から云えば θ_w 一定なることが望ましいが、之も各週期の波の傾斜角をすべて同一にすることは実験技術上甚だ困難であつた。実験は T_w の値を 1.0^{sec} より 0.1^{sec} 置きに逐次増大特に共揺附近に於て更に細かく数点を押えて強制動揺を行つた。

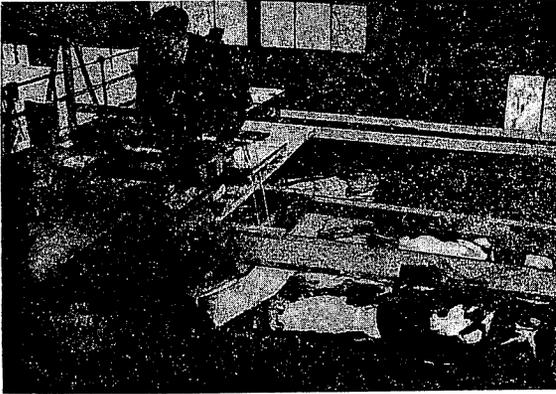


写真 4

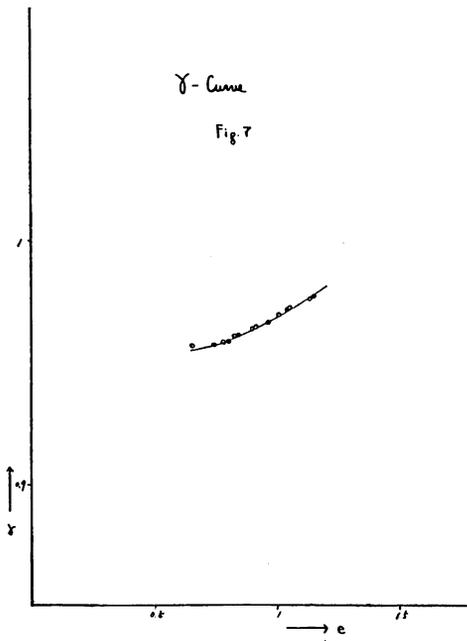
写真 4 は実験の様態を示す。

4. 実験結果 先の模型の自由横揺の場合と全く同じ手順で、互に相対応する波の記録及び強制横揺の記録の解析を行つた。実験結果の解析のため実験値と理論値との比較を行つた。波浪上の横揺に就ては、船の深さの影響を考えた絶対動揺が合理的であることは渡辺教授の指摘された所であるが、本論文に於ては通常の如く Hydrostatic Buoyancy に依る Couple 中の Quasi-harmonic character を与えるもの並びに Hydrodynamic Pressure に依るものの中 Active Resistance を無視したものをつた。運動式の解

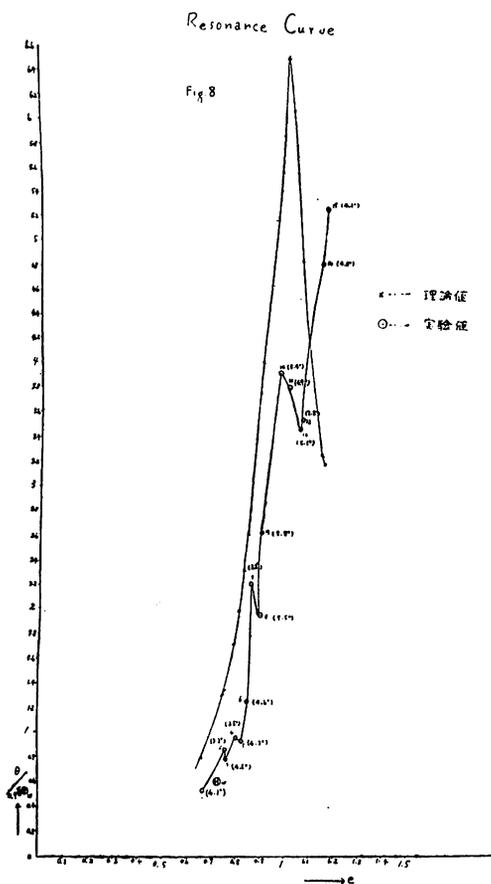
$$\frac{\theta_0}{r \theta_w} = \frac{e^2}{\sqrt{(e^2 - 1)^2 + \frac{4a_e^2 e^2}{\pi^2}}}$$

$$\tan \delta = \frac{2a_e e}{\pi (e^2 - 1)}$$

の中、 r は Kriloff の方法を一般化した渡辺教授の方法に従つて求めた。Fig7 は之を示す。 a_e は $a_e = \frac{\Delta \theta}{\theta}$ と置いて減

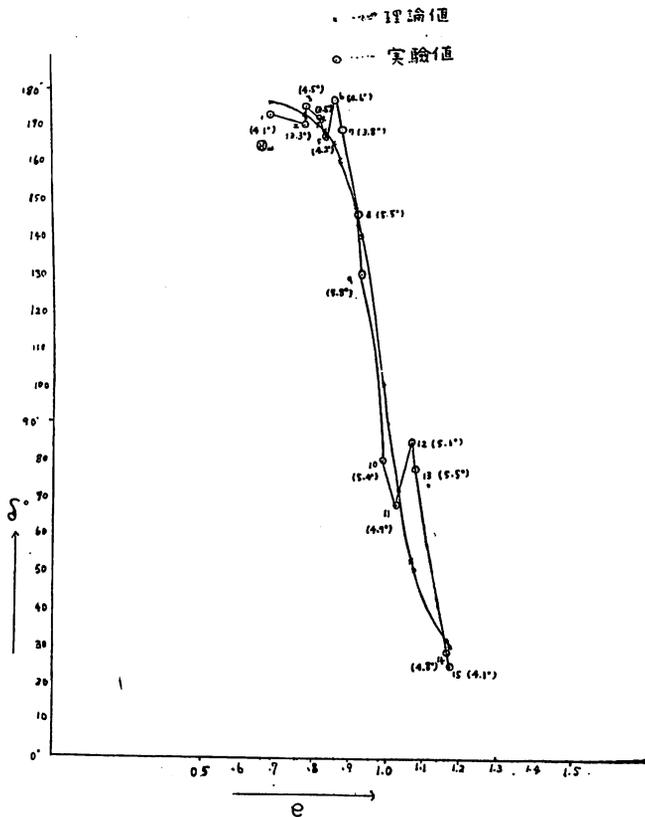


減曲線より a_0 と θ との関係を出した。之は $e = 1$ のときは全く a_0 の真実の値と一致するが e が 1 を離れた所ではその値が多少変化して来るが、逆にそこでは上式の分母中の $(e^2 - 1)^2$ が利いて a_0 の項は余り利かず本論文に於ける実験の精度では差支えない誤差と思われる。 r に 0.9 を乗じたのは彎曲部竜骨に依る波の構造波壊による影響を考慮したものである。 Fig 8 は共揺曲線で実験値と理論値を併記した。 Fig 9 は位相差曲線のそれである。両図を通じて $\oplus w$ のばらつきの影響がはつきりと認められる。 Table は之等の値をまとめたものである。実験装置の都合上、実験値の共揺点を押えることは模型がガードに当たるため不可能となり不完全実験となつた。



Phase difference curve

Fig. 9



Table

	sec	mm	mm	θ_w	θ	r	θ	$e = \frac{T_w}{T_B}$	$\delta^{\circ} \text{exp.}$	θ	$\delta^{\circ} \text{cal.}$
	T_w	L_w	H_w				$0.9 r \theta_w \text{exp.}$			$r \theta_w \text{cal.}$	
1	1.043	1,696	38.7	4.1	1.87	0.9527	0.530	0.666	173	0.798	176
2	1.181	2,176	40.1	3.3	2.43	0.9523	0.853	0.754	170	1.303	173
3	1.189	2,206	55.2	4.5	3.01	0.9523	0.780	0.759	175	1.346	172
4	1.354	2,817	55.1	3.5	6.67	0.9559	2.200	0.858	169	2.620	160
5	1.315	2,697	62.9	4.2	4.51	0.9554	1.249	0.840	177	2.317	165
6	1.274	2,370	60.4	4.6	3.63	0.9532	0.921	0.814	167	1.982	169
7	1.248	2,430	51.1	3.8	3.11	0.9536	0.959	0.797	172	1.716	170
8	1.414	3,118	95.5	5.5	9.23	0.9586	1.941	0.903	146	3.736	148
9	1.434	3,207	102.7	5.8	12.98	0.9581	2.612	0.916	130	4.005	140
10	1.541	3,705	110.6	5.4	18.20	0.9613	3.915	0.984	80	5.552	101
11	1.608	4,034	109.6	4.9	16.10	0.9631	3.798	1.027	68	6.068	72
12	1.665	4,324	122.4	5.1	15.27	0.9649	3.451	1.063	85	5.258	53
13	1.680	4,402	135.5	5.5	15.98	0.9653	3.527	1.073	77	4.827	51
14	1.822	5,179	137.3	4.8	20.02	0.9689	4.811	1.163	29	3.245	32
15	1.835	5,252	120.8	4.1	18.93	0.9694	5.254	1.172	25	3.181	30

実船の航走中に於ける自由動揺試験

1. 緒言 航走中波の観測記録装置をもたぬ以上厳密な意味で船の前進速度の横揺抵抗に及ぼす影響を調べることは困難で、出来るだけ波の影響を受けぬ航路を選ぶことしか解決の方法は見出されない。従つて多忙な公試運転の際にこの試験を行うことは当初から無理なことと、その計画を抛棄していたが、当方の諸種の都合もあつて参考資料としてとる程度ならば意味もあらうと引渡直前の造船所側に随分御無理をお願いして本試験を執行した。公試運転期日は昭和29年2月18日、場所は山口県綾羅木沖であつて、当日は予想通り北西の風6.6m/secが吹き、海上多少うねりも見られ本試験を行うには余り好条件とは云い難かつた。従つて出来るだけ波の因子の入りぬ進路をとつて貰うよう造船所側へ要望したが、当日の諸種の計画の都合もあつて全く当方の意図する通りの精度を挙げる事が出来なかつたのは万止むを得ない所であつた。唯本船の前進速度の横揺抵抗に及ぼす影響の概略的な傾向は伺い知ることが出来よう。

2. 本船の試験時要目 吃水前部1.30m、後部2.86m、平均2.08m、排水量290T、浸水面積270m²、推進器翼端の深度0.83m、C_b0.59、C_m0.95、C_p0.62

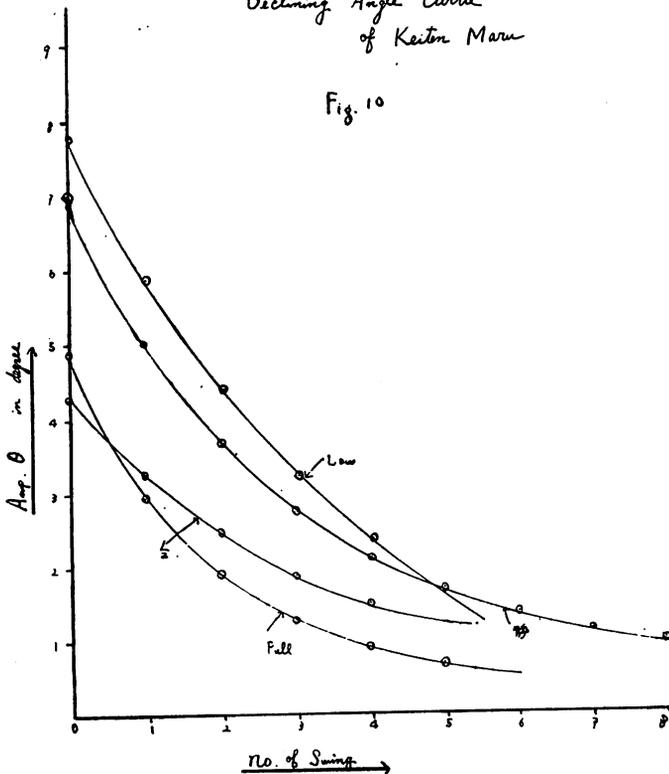
3. 実験方法並びにその記録 実験は静止中、微速(4.4knot)、半速(9.44knot)、全速(10.61knot)の四状態に就き夫々2回宛行つた。計測は前述の末広式自記動揺計測器に依

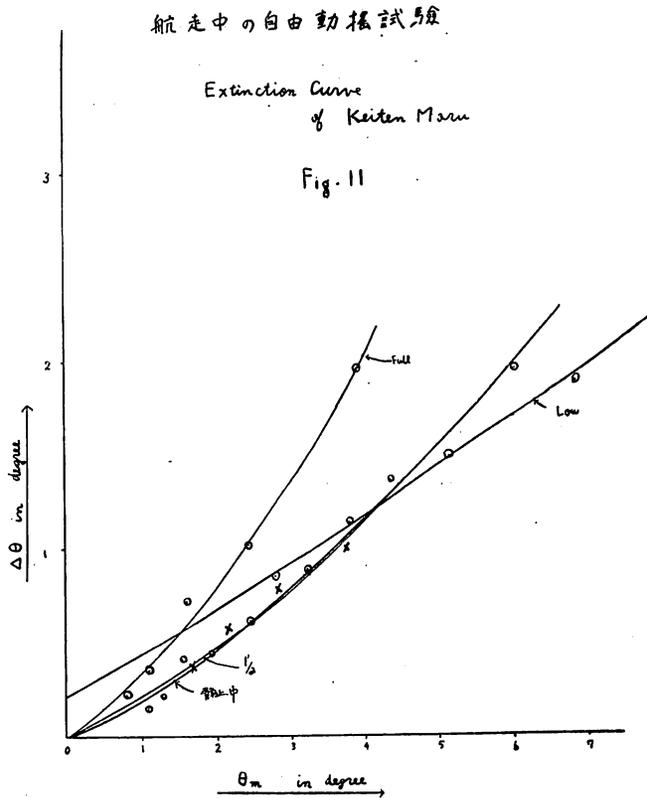
り、本船自由動揺を行わしめるには静止中の場合と同じく人力に依つた。結果は前述の如く波の影響が大なり、小なり入ることとなつて其の解析にも多少無理があつた。その平均減衰角曲線及び減減曲線は夫々 Fig 10, 11 となり、之より N を計算すると夫々 Fig 12 の傾向を示した。

航走中の自由動揺試験

Declining Angle Curve
of Keiton Maru

Fig. 10



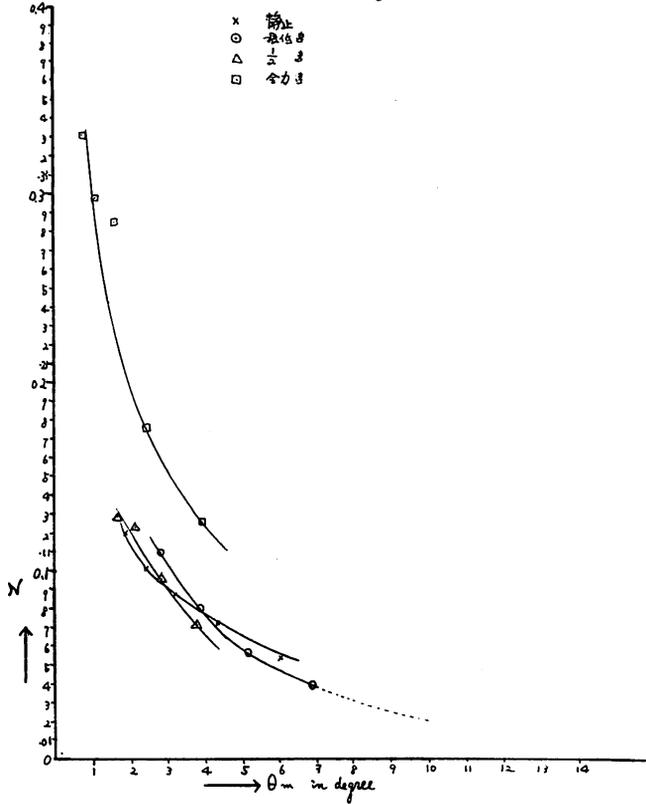


結 言

緒言にも述べた如く諸種の都合で慌しい実験となつて了つたため、本資料より決定的な論断を下すことは無理と思われるが、GM、復原力曲線、減衰係数、動揺角及び動揺週期よりみてこの種漁船の動揺性能としては先ず良好なものと云えよう。将来出来れば本船の就業実績を通じて今后GMの適正值を検討したい。本論文は著者の昭和28年度文部省内地研究期間中考究せるテーマの一つであつて、他に抵抗^{*}及び旋回試験^{**}結果の解析がある。終りに本研究を指導された九州大学上野教授及び本実験を通じて快よい協力を示された造船学教室の助手の方々、並びに三菱下関造船所の関係の方々^{*}に厚く感謝の意を表する。

航行中の自由動揺試験

Fig. 12



Résumé

The author investigated the performance of "Keiten Maru", the fishery training vessel of Kagoshima University by the results of the rolling experiments on her model and herself i. e. in still water and among waves, and moreover the effect of her speed on the resisted rolling among waves.

文 献

渡辺 恵 弘：九州帝国大学試験水槽に就て 九州造船会々報第 11 号
 北村, 坂元：ビルヂキールの作用に関する実験的研究 昭和15年度九州大学卒業論文

* 西部造船会々報 10 号

** 未発表